

Title	非破壊検査手法を用いた材料欠陥形状の定量評価に関する研究
Author(s)	松本, 善博
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42407">https://hdl.handle.net/11094/42407</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	まつもと よしひろ 松本善博		
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 16291 号		
学位授与年月日	平成13年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科精密科学専攻		
学位論文名	非破壊検査手法を用いた材料欠陥形状の定量評価に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 森 勇藏		
	(副査) 教授 青野 正和      教授 梅野 正隆      教授 片岡 俊彦 教授 広瀬喜久治      教授 森田 瑞穂      教授 芳井 熊安 助教授 島田 尚一      助教授 山内 和人		

#### 論文内容の要旨

本論文は、原子力プラントで適用される非破壊検査手法を対象とした材料欠陥(きず)の定量評価技術を確立することを目的とし、渦電流探傷法(ECT)及び超音波探傷法(UT)を用いて材料中に存在するきずを探知し、その形態(長さ・深さ・幅等)を定量的に評価する手法(逆問題解法)についてまとめたものである。

まず、加圧水型(PWR)原子力プラント蒸気発生器(SG)伝熱管の保守検査に用いられているECTを対象として、逆問題解法(きずの推定形状に対して信号を計算し、測定信号との誤差を求め、その誤差が小さくなるように推定形状を修正する方法)のために必要となる高速、かつ、高精度な信号計算手法を構築し、計算信号を測定信号と比較した結果、両者に一致した傾向が得られたことから、ECT信号計算手法の妥当性を示している。ニューラルネットワーク及び最適化手法から成る逆問題解法を構築し、評価性能を検証した結果、きずの検出を主目的とする現状の解析技術に対して、ECT逆問題解法は、十分なきず定量評価性能を有していることを明らかにしている。

次に、UTを対象として、逆問題解法のために必要となる高速、かつ、高精度な信号計算手法を構築し、計算信号を測定信号と比較した結果、両者に一致した傾向が得られたことから、UT信号計算手法の妥当性を示している。構築した信号計算手法を用いて材料中の波の伝播状況を可視化することにより、材料中を超音波(弾性波)が伝達する状況及びきず部で反射が生じている状況を示している。UT信号計算手法をもとに、最適化手法から成る逆問題解法を構築し、評価性能を検証した結果、微小きずに対しても高精度で評価が可能であり、UT逆問題解法は、十分なきず定量評価性能を有していることを明らかにしている。

最後に、応力腐食割れの評価方法として、ECT及びUTの信号計算手法を用い、きず内部の導電率及びヤング率の分布を推定している。ECTを用いて導電率分布を推定した結果、きずと健全部の境界付近で導電率を分布させることにより、最適解が得られたことから、きずと健全部の境界近傍で導電率の分布、即ち、部分的な接触が生じている可能性を示している。また、UTを用いてヤング率分布を推定した結果、応力集中部でのヤング率の低下が大きいことを示している。このように、ECTの場合には導電率を、UTの場合にはヤング率をパラメータとすることにより、信号計算手法をきずの特性評価に適用可能な見通しが得られたことを明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

機械、航空機、土木、建築構造物等は、通常作用すると考えられる程度の負荷によっては破壊しないように設計されているが、それでも時として発生する破壊事故は、天災等によって想像以上の負荷が作用した場合を除けば、構造内部の微小な材料欠陥（きず）が疲労等により成長し、それが引き金となって発生したことが多い。こうした事故を未然に防ぐために、また、現在使用中の機器や構造物の安全性を保障するために、微小なきずを検出し、定量的に評価する技術を確立することは、工業的にも、また、学術的にも非常に重要な課題である。本論文は、原子力プラントで適用される非破壊検査手法を対象としたきずの定量評価技術を確立することを目的とし、渦電流探傷法（ECT）及び超音波探傷法（UT）を用いて材料中に存在するきずを探知し、その形態（長さ・深さ・幅等）を定量的に評価する手法（逆問題解法）についてまとめたものであり、主な成果を要約すると以下のとおりである。

- (1)きずの定量評価手法（逆問題解法）として、きずの推定形状に対して信号を計算し、測定信号との誤差を求め、その誤差が小さくなるように推定形状を修正する最適化手法を提案している。この手法をPWR原子力プラントSG伝熱管の保守検査に用いられているECTへ適用するために、材料内にセルと称する六面体形状の集まりから成るきず領域を設定し、セルを選択することによりきず形状を表現する概念に基づく信号計算手法を構築し、高速、かつ、高精度なECT信号の計算を実現している。ECT信号計算手法をもとに、ニューラルネットワーク及び最適化手法から成る逆問題解法を構築し、原子力プラントSG伝熱管検査時に収集した信号校正用試験片の測定信号を用いて評価性能を検証した結果、きずの定量評価手法として、十分な性能を有していることを明らかにしている。
- (2)逆問題解法をUTに適用するために、有効領域の境界部に無反射端を用いる有限差分法の概念に基づく信号計算手法を構築し、高速、かつ、高精度なUT信号の計算を実現している。UT信号計算手法をもとに、最適化手法から成るUT逆問題解法を構築し、放電加工きずを付与したステンレス平板に対して収集したUT信号を用いて評価性能を検証した結果、きずの定量評価手法として、十分な性能を有していることを明らかにしている。
- (3)応力腐食割れ、或いは材料特性の劣化が混在しているような自然きずを表現する方法として、ECTの場合には導電率を、UTの場合にはヤング率をパラメータとする手法を提案している。きず形状を既知とした導電率分布、或いはヤング率分布を推定するアルゴリズムを構築し、腐食環境下で製作した試験片に対して収集したECT及びUTデータを評価し、導電率、或いはヤング率をパラメータとして用いることの有効性を示している。評価結果から、ECTで対象とした応力腐食割れ試験片では、きず部と健全部の境界近傍で部分的な接触があること、UTで対象とした材料劣化部を有する試験片では、応力負荷部でヤング率の低下が大きいことを明らかにしており、本手法をきずの特性評価に適用可能な見通しが得られている。

以上のように本論文は、原子力プラントで用いられている非破壊検査手法に逆問題解法を導入することにより、その定量評価性を大幅に向上させるものであり、原子力プラントの保守検査技術の向上即ち、原子力プラントの信頼性向上に貢献できるものである。また、鉄道車軸の日常点検、ガス配管、橋梁の定期点検、医療機関におけるX線撮影等非破壊検査手法が用いられているさまざまな分野において、信頼性を向上させる一般論としても有効であることは明らかであり、精密科学に貢献するところ大である。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。